

María-Dolores Rey, María-Ángeles Castillejo, Marta Tienda-Parrilla, Tamara Hernández-Lao, Mónica Labella-Ortega

Irene Honrubia-Gómez, Javier Ramírez-García, Ana María Maldonado-Alconada, Jesús V. Jorrín Novo

Unidad de Bioquímica, Proteómica y Biología de Sistemas Vegetal y Agroforestal, Dpto. Bioquímica y Biología Molecular, Universidad de Córdoba.

Autores de correspondencia: María-Dolores Rey y Jesús V. Jorrín Novo

La bellota como fuente de alimento con valor nutricional y nutraceutico

En la actualidad hay un renovado interés en el uso de la bellota y derivados con fines alimenticios e industriales. Por este motivo nuestro grupo de investigación “Bioquímica, Proteómica y Biología de Sistema Vegetal y Agroforestal” de la Universidad de Córdoba, liderado por el Prof. Jesús V. Jorrín Novo, ha puesto en marcha una línea de investigación dirigida al análisis de la composición química de la bellota, con el fin de caracterizar la misma desde un punto de vista nutricional y nutraceutico. Para ello se están optimizando y utilizando un buen número de técnicas dirigidas al análisis de macro y micronutrientes, vitaminas y hormonas, azúcares, lípidos, aminoácidos, péptidos y proteínas. Desde el punto de vista analítico, disponemos de un abanico de técnicas, las dirigidas, basadas en reacciones colorimétricas, y las holísticas, incluyendo NIRS, proteómica y metabolómica. Los datos obtenidos indican, por un lado, que el perfil es genotipo dependiente, encontrándose variabilidad entre encinas, y, por otro, que la harina y derivados tienen valor nutricional y nutraceutico. La bellota destaca por su elevado contenido en almidón, un perfil de ácidos grasos similar al del aceite de oliva, la ausencia de gluten, alto contenido en fibra y hierro, la presencia de un buen número de fenólicos y otros metabolitos secundarios con actividad antioxidante y antimicrobiana, así como péptidos bioactivos con actividad antihipertensiva. Por el contrario, a la conocida presencia de compuestos antinutritivos como los taninos, hay que añadir la existencia de proteínas potencialmente alergénicas. Nuestros datos justifican y apoyan el uso de la bellota en alimentación humana, lo que daría valor añadido a la encina y la situaría al nivel de otras especies productoras de frutos secos, y complemento o alternativa a cultivos,

con lo que ello supondría desde un punto de vista económico.

INTRODUCCIÓN

Los bosques basados en *Quercus* han sido parte de nuestra geografía, vida y subsistencia desde la antigüedad, constituyendo un patrimonio y herencia que debe preservarse (Guzmán Álvarez, 2016). La encina (*Quercus ilex* L.) es la especie predominante de nuestra geografía andaluza, elemento clave de la biodiversidad, fuente de riqueza, y una especie resiliente y adaptada a condiciones de sequía y elevadas temperaturas (Barbeta y Peñuelas, 2016; San-Eufrasio et al., 2020) (Figura 1). Esta especie forestal ha sido clave en nuestra vida desde tiempos ancestrales como



Figura 1. Individuo de encina localizado en Aldea de Cuenca, Fuente Obejuna, Córdoba (UTM 30S 2767511284245466 datum ETRS89), utilizado en la secuenciación del genoma de la encina (Rey et al., 2022)



Figura 2. Pintura rupestre ubicada en La Sarga, Alcoy, Alicante, España. Imagen tomada de Fortea y Aura (1987) y modificada por Alejandro Valle Vázquez

fuelle de madera, alimentación, tanto para humanos como para el ganado, y extractos para el tratamiento de dolencias, como infecciones fúngicas o bacterianas (Mohammadzadeh et al., 2013) (Figura 2). Su fruto, la bellota, ha constituido parte del alimento básico en épocas prehistóricas y durante siglos en la cuenca Mediterránea, proporcionando casi el 25% de la dieta consumida por las clases más pobres en Italia y España (Hill, 1952). En tiempos de escasez, la bellota constituía un recurso de alto contenido energético, pero cuando mejoró la economía tras la Segunda Guerra Mundial, este fruto pasó a considerarse un alimento para pobres y la tradición gastronómica de la bellota desapareció casi por completo, salvo para alimentar al ganado (Pignone et al., 2010). Con el incremento de la población mundial que la FAO (Organización de las Naciones Unidas para

la Alimentación y la Agricultura) ha declarado para las próximas décadas será necesario producir un 70 % más de alimentos de los que se producen en la actualidad. El diseño de una agricultura más productiva y sostenible forma parte de la solución al futuro aumento en la demanda de alimentos; no obstante, este objetivo requiere análisis de valor nutricional, trazabilidad y composición química. En el contexto de una mayor conciencia del valor nutricional de todos los frutos secos, es lógico pensar en el comienzo de “una nueva era” en el uso de la bellota y su reintegración en la dieta humana (Vinha et al., 2020). Sin embargo, el amargor y astringencia de algunas variedades, asociada, entre otras causas, a la presencia de taninos, la hace poco atractiva para el consumidor. Aparte del pre-procesado para eliminar su amargor y ser aptas para el consumo humano (Deforce et al., 2009), se pueden seleccionar individuos productores de las denominadas bellotas dulces, más aptas para el consumo humano. El consumo de bellotas puede llevarse a cabo a diferentes niveles, como frutos secos, para la elaboración de harina o para la obtención de aceite de uso culinario (Vinha et al., 2016). Como producto apto para el consumo humano, la bellota, o su harina, debe cumplir unos requisitos de trazabilidad, una exigencia legal impuesta por la Unión Europea para garantizar, entre otros objetivos, la seguridad y la inocuidad de los productos alimentario. Es por ello que se hace necesario un análisis fitoquímico amplio y en profundidad que posibilite su etiquetado para consumo humano y permita su trazabilidad.

METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA DE BELLOTAS

Desde el año 2004, el grupo de investigación liderado por el Prof. Jesús V. Jorrín Novo en la Universidad de Córdoba lleva trabajando en la biología molecular de la encina (Maldonado-Alconada et al., 2022). Una de

las principales líneas de investigación llevadas a cabo por el grupo se centra en la caracterización fitoquímica y búsqueda de compuestos bioactivos en la bellota de la encina (López-Hidalgo et al., 2021). El flujo de trabajo y técnicas empleadas se muestran en la Figura 3. Tras la optimización de las diferentes técnicas, en la actualidad, el grupo de investigación se encuentra caracterizando el fruto de un amplio número de individuos ya que, al tratarse de una especie no domesticada y alógama, la variabilidad en cuanto a composición de la bellota es muy alta, contribuyendo a ello no solo factores genéticos o epigenéticos, sino también ambientales.

VALOR NUTRICIONAL

En términos generales, el 50 % de la composición total de la bellota es almidón; la proteína, libre de gluten, aporta entre

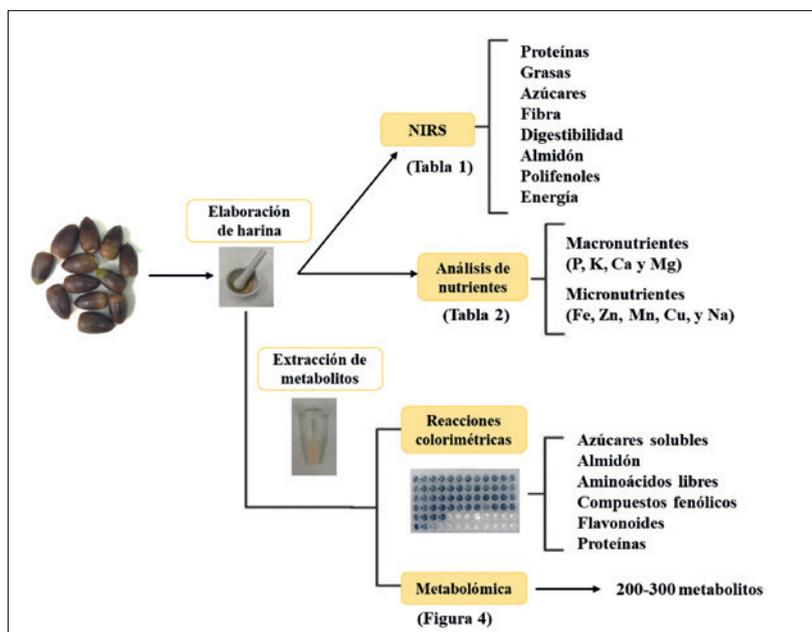


Figura 3. Flujo de trabajo utilizado en la caracterización fitoquímica de bellotas

Tabla 1. Composición química y perfiles de ácidos grasos de bellotas correspondientes a un individuo de encina localizado en Aldea de Cuenca (Fuente Obejuna, Córdoba) mediante tecnología NIRS. Los valores se expresan como porcentaje de peso seco o porcentaje de ácidos grasos totales.

Cenizas (%)	Proteínas (%)	Grasas (%)	Azúcares (%)	Fibras (%)	Digestibilidad (%)	Energía (kcal/ kg)	Polifenoles (%)
2,64	4,07	8,91	6,32	2,21	46,55	4576,24	0,39

Almidón (%)	Ácido plamítico (%)	Ácido esteárico (%)	Ácido oleico (%)	Ácido linoleico (%)
69,22	26,07	1,83	76,49	6,03

Tabla 2. Composición de macronutrientes (Ca, Mg, K, Na y P) (g/kg) y micronutrientes (Fe, Zn, Mn y Cu) (mg/kg) de bellotas correspondiente a un individuo de encina localizado en Torrecampo (Córdoba) mediante fotometría de llama (K, potasio), espectrofotometría (P, fósforo) y espectrofotometría de absorción atómica (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc y cobre, respectivamente).

Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	K (g/kg)	Na (g/kg)	P (g/kg)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
0,28	0,56	1,69	0,05	0,50	27,74	6,48	3,16	1,94

Tabla 3. Comparación del perfil nutricional de los frutos secos más consumidos (datos tomados del USDA, <https://www.usda.gov/>) y del análisis de harina de bellota llevado a cabo en el laboratorio, utilizando la tecnología NIRS. Los valores se expresan como porcentaje de peso seco.



	Bellota	Cacahuete	Anacardo	Castaña	Avellana	Nuez de Macadamia	Nuez de Brasil	Nuez Pecán	Piñón	Pistacho	Nuez de Castilla	Almendra
Proteína	5.3	25.8	18.2	4.2	15.0	7.9	14.3	9.2	13.7	20.2	15.2	20.4
Lípidos totales	6.6	49.2	43.8	1.1	60.8	75.8	47.1	72.0	68.4	45.3	65.2	57.8
Almidón	68.7	NR	23.5	NR	0.5	1.0	NR	0.5	1.43	1.7	0.06	NR
Fenólicos	1.3	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Azúcares	15.0	16.1	30.2	49.1	16.7	13.8	11.7	13.9	13.1	27.2	13.7	16.2
Ácido Palmítico	31.9	5.2	3.9	0.2	3.1	6.0	9.6	4.4	3.2	5.3	4.4	3.5
Ácido Esteárico	2.8	1.1	3.2	0.01	1.3	2.3	6.2	1.7	1.4	0.5	1.7	0.8
Ácido Oleico	70.0	23.8	23.5	0.6	45.4	43.8	23.6	40.6	17.9	22.7	8.8	33.8
Ácido Linoleico	6.9	15.6	7.8	0.3	7.8	1.3	24.4	20.6	33.2	14.1	38.1	14.5

un 2 % y 5 %, el contenido graso en torno a un 9 %; siendo el ácido oleico, palmítico y linoleico los principales ácidos grasos presentes (López-Hidalgo et al., 2021) (Tabla 1). El uso alimenticio de productos vegetales, también, implica una composición determinada en nutrientes (Mohammadzadeh et al., 2013). El contenido en macronutrientes (g/kg peso seco) y micronutrientes

(mg/kg peso seco) detectado en la harina de bellota se incluye en la Tabla 2. El K y el Fe junto con el Zn son los macro- y micronutrientes, respectivamente, más abundantes en el fruto. Dicho perfil, tal y como se presenta en la Tabla 1, sitúa a la encina desde un punto de vista nutricional a la altura de otros frutos secos (Tabla 3).

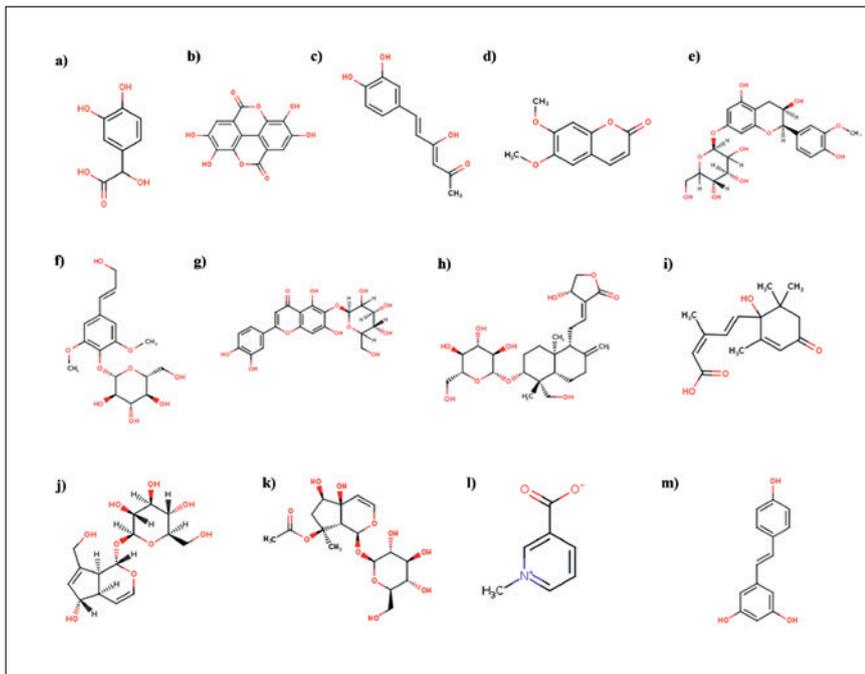


Figura 4. Estructura de los compuestos bioactivos presentes en la bellota de encina: a) Ácido 3,4- dihidroximandélico, b) Ácido elágico, c) Hispolon, d) Escoparona, e) Symplocoside, f) Siringina, g) 6-hidroxiluteolina 6-glucurónido, h) 3-O-β-D-glucopiranosilandrografólido, i) Ácido abscísico, j) Aucubina, k) 8-Acetilharpagide, l) Trigonelina y m) Resveratrol

PERFIL FITOQUÍMICO Y BÚSQUEDA DE COMPUESTOS BIOACTIVOS

Dentro de la gran variedad de moléculas presentes en la bellota cabe destacar la presencia de compuestos bioactivos, de lo que depende su valor nutracéutico. Los compuestos bioactivos se definen como compuestos que pueden ser esenciales o no (p. ej. vitaminas o polifenoles) que se encuentran en la naturaleza, formando parte de la cadena alimentaria y con algún efecto sobre la salud humana (Biesalski et al., 2009). La encina destaca por la gran diversidad de metabolitos secundarios que produce, incluyendo fenólicos (benzoicos, cinámicos, cumarinas, estilbenos, flavonoides, lignanos y taninos), terpenoides (sesqui-, di- y triterpenos), y algún alcaloide (López-Hidalgo et al., 2021). Los compuestos fenólicos son el grupo de metabolitos secundarios más interesantes ya que su presencia aporta valor añadido por su actividad antioxidante, antiinflamatoria, anticancerígena, antienvjecimiento y, por tanto, su potencial en la prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, diabetes e infecciones microbianas (Vinha et al., 2016, 2020; Pasqualone et al., 2019; Morales, 2021). Dentro de posibles compuestos bioactivos, en la bellota se ha detectado la presencia de ácido elágico caracterizado por sus propiedades antiinflamatorias, antiproliferativas y antienvjecimiento; la luteolina por sus propiedades anticancerígenas o el resveratrol, al que se asocia el efecto antioxidante de la uva. También hay que destacar el alto contenido en proteínas que contienen péptidos bioactivos a los que se asocia actividad antihipertensiva (Figura 4).

A su vez, como alimento para el consumo humano, es importante tener en cuenta el contenido en alérgenos ya que en el ámbito médico los frutos secos se encuentran entre los principales alimentos alérgicos. El síndrome de alergia al polen y los alimentos es una

reacción inmediata que ocurre después de la ingestión de frutas, verduras o frutos secos y que tienen reactividad cruzada (Waserman et al., 2018). Los alérgenos homólogos de PR10 dentro de las especies del orden Fagales (*Fagus*, *Castanea* y *Quercus*) muestran reactividad cruzada, siendo uno de los mejores caracterizados el Bet v 1 de abedul. Entre un 50-93% de los pacientes alérgicos al polen de abedul también desarrollan síntomas y signos de alergia frente a determinados alimentos de origen

vegetal (Breiteneder et al., 2001). Del mismo modo, se ha identificado el primer alérgeno del polen de la encina, Que i 1, una proteína PR10 homóloga a Bet v 1 de abedul (Pedrosa et al., 2020). Datos recientes revelan la existencia en harina de bellota de otras proteínas potencialmente alérgicas.

REFERENCIAS

- Álvarez JRG (2016) Culture & History Digital Journal 5, e003-e003.
 Barbata A, Peñuelas J (2016) Plant Ecology & Diversity, 9, 321-338.
 Biesalski HK, et al. (2009) Nutrition 25, 1202-1205.
 Breiteneder H, et al. (2001) International archives of allergy and immunology 124, 48-50.
 Deforce K, et al. (2009) Archäologisches Korrespondenzblatt, 12, 381.
 Hill AF (1952) Economic botany. A textbook of useful plants and plant products., (2nd edn).
 López-Hidalgo C, et al. (2021) Food Chemistry 338, 127803.
 Maldonado-Alconada AM, et al. (2022) International journal of molecular sciences, 23, 9980.
 Mohammadzadeh A et al. (2013) Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 113, 423-426.
 Morales D (2021) Trends in Food Science & Technology 109, 116-125.
 Pasqualone A, et al. (2019) Heliyon 5, e02242.
 Pedrosa M, et al. (2020) Clinical & Experimental Allergy 50, 815-823.
 Pignone D, Laghetti G (2010) Genetic Resources and Crop Evolution 57, 1261-1266.
 Rey MD et al. (2022) BioRxiv.
 San-Eufrasio B et al. (2020). Forests, 11, 707.
 Vinha AF, et al. (2016) Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 15, 947-981.
 Vinha AF, et al. (2020) Bioactive compounds in underutilized fruits and nuts 273-287.
 Wasserman RL, et al. (2018) Annals of Allergy, Asthma & Immunology 121, 272-275.